كراسات علمية
سلسلة غير دورية تعنى بالإنجازات العلمية الحديثة

المنطق الغائم

علم جديد لتقنية المستقبل

إعداد
دكتورة / سهام النويهى

تصدرها:
المكتبة الأكاديمية

رئيس التحرير
أ. د. أحمد شوقى

مدير التحرير
أ. أحمد أمين

المكتبة الأكاديمية
ش م م - القاهرة

كراسات « علمية »

سلسلة غير دورية تصدرها المكتبة الأكاديمية

تعنى بتقديم الاجتهادات العلمية الحديثة

رئيس التحرير أ.د. أحمد شوقى مدير التحرير أ. أحمد أمين

المراسلات : المكتبة الأكاديمية

١٢١ ش التحرير – الدقى – القاهرة ت : ٧٤٨٥٢٨٢ – فاكس ٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

المنطق الغائم

علم جديد لتقنية المستقبل

المنطــق الغائــم

FUZZY LOGIC

علم جديد لتقنية المستقبل

إعداد

دكتورة / سهام النويهى

أستاذ المنطق وفلسفة العلوم
كلية البنات - جامعة عين شمس

الناشر

المكتبة الاكاديمية

٢٠٠١

حقوق النشر

الطبعة الأولى ٢٠٠١م - ١٤٢٢هـ

المكتبـة الأكاديميـة

شركة مساهمة مصرية

رأس المال المصدر ٩,٩٧٣,٨٠٠ جنيه مصرى

١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)

فاكس : ٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

هذه السلسلة

تعد استجابة منطقية لما لقيته شقيقتها الكبرى « كراسات مستقبلية » التى بدأ ظهور أعدادها الأولى عام ١٩٩٧ ، من الترحاب والتشجيع ، المقرونين بالدعوة إلى زيادة مساحة العلم فى إصدارات السلسلة إلى أقصى حد ممكن .

لقد دفعتنا هذه الدعوة إلى التفكير فى أن نفرد للموضوعات العلمية سلسلة خاصة ، تستحقها ، فكانت هذه السلسلة ، التى تمثل تطويراً وتوسعاً فى أحد محاور «كراسات مستقبلية» ، حيث ذكر فى مقدمتها ما نصه :

« الإلمام بمنجزات الثورة العلمية والتكنولوجية ، التى تعد قوة الدفع الرئيسية فى تشكيل العالم ، مع استيعاب تفاعلها مع الجديد فى العلوم الاجتماعية والإنسانية ، من منطلق الإيمان بوحدة المعرفة » .

ومن ملامح هذه السلسلة :

* المحافظة - على شكل المقال التفصيلى الطويل (Monograph) الذى تتميز به الكراسات عادة .
* الحرص على تقديم الاتجاهات والأفكار العلمية الجديدة ، بجانب تقديم المعارف الخاصة بمختلف المجالات الحديثة ، بشكل يسمح للقارئ « المتعلم غير المتخصص » ، الذى يمثل القارئ المستهدف للكراسات ، بالقدر الكافى من الإلمام والقدرة على المتابعة .
* وفى تقديمها للاتجاهات والمعارف العلمية الحديثة ، لن تتبنى الكراسات الشكل النمطى لتبسيط العلوم ، الذى يستهدف النجاح فى إضافة كمية - قلت أو كثرت - لبعض المعارف العلمية إلى ثقافة المتلقى . إننا لا نتعامل هذا مع العلم كإضافة ، ولكن كمكون عضوى أصيل للثقافة المعاصرة ، وهو مكون ثرى، يتضمن المناهج والمعلومات والأفكار والاتجاهات .
* وتأكيداً لعدم النمطية ، ستتسع السلسلة للتأليف والترجمة والعرض ، وتتضمن اجتهادات التبسيط والتنظير والاستشراف ، وستنطلق من أهمية تضامن المعرفة والحكمة وارتباط العلم الحديث بالتكنولوجيا technoscoence ، مع التركيز على أهمية ارتباطهما معا بالأخلاق .

وبعد ، فإننى أتقدم بالشكر إلى كل الزملاء الذين تحمسوا للفكرة ، وساهموا فى تقديم المادة العلمية للسلسلة . وباسمهم وباسمى أشكر الصديق العزيز الأستاذ العزيز الأستاذ أحمد أمين ، الناشر المثقف الذى احتفى مـن قبل بسلسلة « كراسات مستقبلية » ، وشجعنا على إصدار هذه السلسلة الجديدة . والله الموفق .

هذه الكراسة

تسير على نهج « كراسات علمية » فى تقديمها لموضوعات يندر وجود معالجات جادة لها باللغة العربية ، كما أنها تسير على نهج مشروع الكراسات كله (مستقبلية ، علمية ، عروض) فى احتفائها بالعلم والمستقبل ، والتعامل مع العلم من منطلق وحدة المعرفة ، والاحتفاء بكل جديد فى العلوم الطبيعية والعلم الاجتماعى على حد سواء .

إن الكراسة تقدم دراسة فى « المنطق الغائم » ، وتوضح أهمية هذا المبحث « الفلسفى » فى « علوم وتكنولوجيا » المستقبل . وسيستشعر القارئ من قراءتها انتهاء عصر البراءة المنطقى الذى قدمه أرسطو (الأبيض والأسود) لصالح التفكير الرمادى . ولكن قبل أن يتصور أن الأمر يدعو إلى الإحباط سيكتشف ما فى هذا المنطق الجديد من قدرات إبداعية ، وصلاحية لمعالجة الكثير من الإشكاليات والمشكلات ، مع التركيز على مجالات العلم والتكنولوجيا .

والمؤلفة ، التى تنضم إلى أسرة الكراسات بهذا العمل الجاد ، هى الدكتورة سهام النويهي أستاذ ورئيس قسم الفلسفة بكلية البنات ، جامعة عين شمس . وقد أفرزت سنوات اشتغالها بالمنطق وفلسفة العلوم عدة أعمال مهمة ، من بينها : أسس المنطق الرياضى ، تطور المعرفة العلمية ، مدخل إلى منطق الجهة ، نظرية المنهج العلمي ، الزمان بين الفلسفة والعلم ، والمنطق الصورى فى فلسفة اللغة .

احمد شوقى

الصفحة

المحتـــويـــات

تقـــــديم ...

المنطق الغائم FUZZY LOGIC

علم جديد لتقنية المستقبل

0 0 0

لقد ظـل المنطـق الأرسـطى متربعاً على عرش الفكر الإنسانى لما يربو على ألفى سنة ، واعتبـره المفكرون الآلـة التى تعصـم مراعـاتها الفكـر عن الخطأ . ولقد وضـع أرسـطو ما أسـماه بقوانين الفكر والذى يعد أهمها قانون الوسط المرفوع Law of excluded middle ، ومفاده « إما أ أو ليس أ » ، فلا يمكن أن تكون أ وليس أ معا ، فلابد من الاختيار بينهما لأن كلا منهما يستبعد الآخر . ولهذا فإن المنطق الأرسطى هو منطق ثنائى القيمة ، فالحكم على الأشياء لا يكون إلا من خلال قيمتى الصدق والكذب فقط .

وبذلك يكون المنطق الأرسطى قد تجاهل ثراء الواقع ، ولم يعترف إلا بقيمتين فقط لأحكام الصدق رغم إمكانية « تعدد » درجات الصدق أو الحقيقة .

فالمنطق التقليدى يختلف عن منطق الحياة الذى يقوم على استخدام الناس لعبارات تعوزها الدقة والتى منها على سبيل المثال « من المحتمل » ، « من الجائز » ، « إلى حد ما »، « ليس صادقاً دائماً » ، « كاذب إلى حد ما » ، « كاد الطقس أن يكون بارداً » وغيرها من التعبيرات التى يعبر بها الناس عن ما يدور بأذهانهم . فحياة الناس اليومية تتسم بعدم الدقة واللايقين والإبهام . فالمعرفة الإنسانية مهما بلغت من تقدم هى معرفة ناقصة ، والبشر فى مجال معاملاتهم يحيط بهم اللون الرمادى من جميع الاتجاهات ؛ لأن المعلومات غير كاملة ولا تتسم بالدقة المطلوبة . ومع ذلك يستطيع هؤلاء الناس ابتكار الحلول لما يواجهونه من مشاكل ومواقف غير مسبوقة . وكذلك يمكنهم صنع القرارات رغم عدم الدقة ونقص المعلومات واحتمال ظهور ما لم يكن بالحسبان. فالإنسان فى تفكيره اليومى يمكن أن يضع حلولاً تخالف الحلول التى يمكن أن يصل إليها عن طريق المنطق ثنائى القيمة . بل قد نجد فى الحلول المخالفة للقيمة الثنائية الكثير من الإبداع لأنها تتناول العديد من الاحتمالات .

ومن هنا جاء المنطق الغائم Fuzzy Logic بثورة على الوضوح ، وأعلى من شأن ما هو رمادى وما هو غائم ، وقام على اللايقين أى على المنطقة الوسط بين الصدق والكذب بين الواحد والصفر ، وسمح بوجود بدائل عديدة وليس بوجود بديلين فقط . فالعالم من حولنا ليس إما صوابا أو خطأ ، وليس إما أبيض أو أسود ، بل علي العكس فإن العالم من حولنا يضم الخطأ والصواب ويضم الأسود والأبيض معاً وما بينهما من درجات . فالمنطق الغائم هو موضوع للقيم المتدرجة لأنه يسمح بالقيم المتوسطة بين القيـم المتفق عليها . وهو محاولة لتطبيق مزيد من طريقة التفكير الإنسانى فى برامج الحاسبات .

ولقد استخدم المبرمجون للحاسبات الآلية نظريات المنطق الكلاسيكى - على اعتبار أنه يمثل مثلاً أعلى للتفكير الصحيح - وبصفة خاصة نظريتى حساب القضايا Propositional Calculus وحساب المحمول Predicate Calculus فى وضع البرامج المختلفة . فيقوم المبرمج بتعريف المشكلة ويحدد للحاسب المسار الذى يجب أن يسير عليه - بناء على نظريات المنطق التقليدى - لحل المشكلة . ومن ثم لا يستطيع الحاسب أن يقدم حلولاً مختلفة عن ما حدّد له ، وإذا ما واجهته مشكلة جديدة لا يمكنه حلها بناء على الخبرات السابقة . ولذلك فإن من أهم أهداف المنطق الغائم هو تقديم إطار لتمثيل المعرفة والاستدلال فى بيئة عدم اليقين .

لقد أحدث المنطق الغائم ثورة فى كل من علوم الحاسب ومجال التكنولوجيا . وسوف تكون معظم الآلات والأجهزة قائمة على هذا المنطق فى القريب العاجل . وإذا كانت أنظمة المنطق الغائم تمثل مجالاً صغيراً ، إلا أن له أهمية بالغة فى مجال الذكاء الاصطناعى .

فالمنطق الغائم هو منهج للتفكير يماثل التفكير البشرى طالما أنه يسمح بالقيم والاستدلالات التقريبية والبيانات الغامضة أو الناقصة بدلاً من الاعتماد على البيانات الواضحة والتى تتضمن اختياراً ثنائياً (نعم / لا) .

وهناك العديد من الأمثلة على تطبيقات المنطق الغائم فى اليابان مثل قطارات الأنفاق الموجّهة بواسطة عمليات التحكم الغائم ، وآلات التصوير ذاتية الضبط والمكيّفات الهوائية وأجهزة الغسيل الأوتوماتيكية ، ومازالت القائمة فى اطراد مستمر.

فلقد تحقق التقدم التكنولوجى الهائل فى اليابان وكوريا بسبب تبنيهما لهذا المنطق الغائم . وتحاول الآن الدول الأوروبية وأمريكا اللحاق بالنجاح اليابانى ، فعلى سبيل المثال تحاول الآن وكالة الفضاء الأمريكية ناسا Nasa تطبيق هذا المنطق .

ولابد لمن يريد أن يلحق بهذا التقدم أن يتعرف على ماهية هذا المنطق . فالمنطق الغائم هو طريقة للتفكير ستؤدي بل يمكن القول بأنها قد أدّت بالفعل إلى ثورة فى مجال العلم والتكنولوجيا .

والحقيقة أن المنطق الغائم لم يؤد فقط إلى حل مشكلة تمثيل المعرفة اللايقينية فى مجال الحاسب بل أدى كذلك إلى حل مشكلة ما يُطلق عليه « بالمفارقات المنطقية » Logical Paradoxes . وكانت هذه المفارقات قد أدت إلى اهتزاز الثقة فى المنطق الكلاسيكى كونها ناشئة عن القول بمبدأى الوسط المرفوع وعدم الجمع بين النقيضين . ولقد حاول بعض المناطقة مثل يان لوكاشيفيتش Jan Lukasiewicz وضع منطق متعدد القيم Multivalued Logic كحل لهذا المشكلة.

إلا أن القول سواء بثنائية القيمة أو بتعدد القيم يقوم على وضع حدود واضحة بين القيم ، وبالتالى لم يؤد المنطق المتعدد القيم إلى حل مشكلة المفارقات لأن المفارقات نشأت عن عدم الوضوح فى اللغة . ولذلك كانت هناك محاولات لتطوير المنطق نفسه بوضع أنساق غير كلاسيكية للمنطق من أجل اللغات الطبيعية الغامضة . ومن ثم كان المنطق الغائم المتدرج القيم المتسمة بالاتصال واللانهائية وليس المنطق المتعدد القيم هو الحل كما سنرى .

وسوف نتناول فى هذه الكراسة الأسباب التى حثت على إيجاد هذا النوع من المنطق ثم نعرض بشىء من التفصيل لمفهوم النظرية الغائمة وعلاقتها بمستحدثات العصر التكنولوجية .

الذكاء الإصطناعى
Artificial Intelligence

إن ما تعنيه كلمة « ذكاء » هو المقدرة على اكتساب وتطبيق المعرفة ، بينما تعنى كلمة « اصطناعى » ما اصطنع بواسطة الإنسان . والذكاء الاصطناعى هو قسم من علوم الحاسب يهتم بتصميم الأنظمة التى توضح الذكاء الإنسانى (فهم اللغة – تعلم معلومات جديدة – الاستدلال وحل المشاكل) . ويقوم بالكشف عن أوجه النشاط الذهنى Mental Activity الإنسانى التى من أمثلتها : الفهم Understanding – الإبداع Creativity – التعلم Learning – الإدراك Perception – حل المشكلة Problem Solving – الشعور Consciousness – الذكاء Intelligence وذلك من أجل تمثيلها بواسطة الحاسبات الآلية[١] .

ومن الأمور المثيرة للدهشة أن كثيراً من الأفعال الذهنية والتى يفترض أنها تمثل صعوبة للإنسان (مثل لعبة الشطرنج) تكون سهلة بالنسبة للحاسب الآلى والعكس صحيح . أى أنه يوجد كذلك كثير من الأفعال الذهنية ، التى يفترض أنها سهلة للناس ، لكنها صعبة للغاية للحاسبات الآلية (وذلك مثل التعرف على الأشياء) .

فالذكاء الاصطناعى هو علم وتكنولوجيا مؤسسة على أنظمة عديدة ، مثل : علم الحاسب ، علم الحياة ، علم النفس ، اللغويات ، الرياضيات ، الهندسة ، وعلم المنطق[٢] .

ويهدف الذكاء الإصطناعى إلى تطوير الحاسبات الآلية بحيث يمكنها أن تفكر وترى وتسمع وتمشى وتتحدث وتشعر ، أى يمكنها القيام بالوظائف الآتية :

١ – تفكر وتستنتج .

٢ – تستخدم الاستنتاج لحل المشكلات .

٣ – تتعلم وتفهم من الخبرة .

٤ – تكتسب وتطبق طرق المعرفة .

٥ – تظهر الإبداع والخيال .

٦ – تتناول المواقف المعقدة والمحيرة .

٧ – تستجيب سريعاً وبنجاح للمواقف الجديدة .

٨ – تتعامل مع المعلومات الخاطئة أو الناقصة أو الغامضة .

بدأت الأعمال الجادة فى هذا المجال سنة ١٩٥٠ ، وأثيرت الكثير من التساؤلات التكنولوجية والأخلاقية والفلسفية حول إمكانية تصميم آلات مفكرة وذكية Intelligent Thinking Machines (٣) .

وتتكون معظم أنظمة الذكاء الاصطناعى من جزئين رئيسيين :

١ - قاعدة المعرفة Knowledge Base

تحتوى قاعدة المعرفة على حقائق Facts خاصة بالأشياء وعلاقات كل منها بالآخر داخل نطاق بعينه . ويمكن أن تحتوى كذلك على تصورات ، نظريات ، إجراءات عملية وارتباط كل منها بالأخرى . فقاعدة المعرفة تمثل مصدر النظام للذكاء ، وتستخدم بوساطة آلة الاستدلال للتفكير واستخراج النتائج .

٢ - آلة الاستدلال Inference Engine

وهى مجموعة الإجراءات المستخدمة لفحص قاعدة المعرفة بطريقة مرتبة لتجيب عن التساؤلات وتحل المشكلات أو تصنع القرارات داخل هذا النطاق . فيمكن أن تستخدم المعرفة لحل مشاكل مختلفة كثيرة خاصة إذا كانت ذات تركيب مماثل .

ولقد تنوعت على مر السنين طرق تمثيل المعرفة Knowledge Representation فمنها على سبيل المثال نظرية المعنى Semantic Theory ، الشبكات Networks ، الأطر Frams ، السيناريوهات Scripts ، والمنطق ثنائى القيمة ، وبصفة خاصة نظريتى حساب القضايا وحساب المحمول . وهاتان النظريتان يمكنهما التعامل مع معلومات ذات ثلاث خواص(٤) :

١ – أن تكون معلومات كاملة بالنسبة لمجال الاهتمام . وبعبارة أخري تكون كل الوقائع الضرورية لحل مشكلة ما ممثلة فى النظام ، أو يمكن أن تشتق بواسطة القواعد الاتفاقية لمنطق الدرجة الأولى .

٢ – أن تكون المعلومات متسقة Consistent .

٣ – الطريقة الوحيدة التى يمكن أن تتغير بها هذه المعلومات تكون بإضافة وقائع جديدة متى أصبحت هذه الوقائع متاحة . وإذا ما كانت الوقائع الجديدة متسقة مع الوقائع التى سبق تأكيدها ، فلا يرفض شيء من مجموعة الوقائع التى سبق وعرف صدقها وهذا ما يسمى بالتماثلية Monotonicity .

ويعد العيب الأساسى فى استخدام المنطق ثنائى القيمة هو عدم مقدرته على التعامل مع موضوعات عدم اليقين وعدم الدقة . فلا يمكنه أن يقدم نموذجاً ملائماً لطرق التفكير التى تكون تقريبية أحرى عن كونها دقيقة . ومعظم التفكير الإنسانى يتسم بالتقريب وعدم الدقة .

ويشير اللايقين فى الذكاء الاصطناعى إلى مجال متسع من المواقف ، حينما تكون المعلومات الضرورية ناقصة بإحدى الطرق الآتية :

١ – المعلومات جزئية أو تقريبية .

٢ – المعلومات لا يمكن الاعتماد عليها بصفة كلية .

٣ – يكون تمثيل اللغة غير دقيق .

٤ – معلومات من مصادر متعددة وتكون متعارضة .

ويعد تمثيل المعرفة غير الدقيقة واحدا من الموضوعات حديثة العهد التى لم تبحث فى مجال الذكاء الاصطناعى فى بداياته . فتقنيات تمثيل المعرفة لم تقدم أدوات لتمثيل معنى أو استدلال من وقائع ذات النمط الخاص بالحياة اليومية ، والتى من أمثلتها[٥] :

١ – معظم الخبراء يعتقدون أن احتمال الزلزال العنيف فى المستقبل القريب احتمال منخفض جداً .

٢ – عادة ما تستغرف قيادة السيارة من مصر الجديدة إلى الجيزة فى الكثافة المرورية المعتدلة حوالى ساعة .

يمثل ما تحته خط فى العبارتين السابقتين محمولات غائمة Fuzzy Predicates وأسواراً غائمة واحتمالات غائمة . وماهو متفق عليه لتمثيل المعرفة يفتقر إلى وسائل لتمثيل مثل هذه التصورات الغائمة . ولذلك كان الدافع لإيجاد المنطق الغائم هو الحاجة إلى إطار تصورى يمكن أن يتناول موضوعات عدم اليقين واللادقة .

الاحتمال واللايقين
Probability & Uncertainty

لم يكن العلم مهتماً إلا بالكشف عن الحقائق الواضحة ، ومن ثم فإن العلوم الفيزيائية والرياضيات والمنطق يفترض كل منهم عالماً من الأبيض والأسود ، أى عالماً لا يتغير . فكل القوانين إما تنطبق أو لا تنطبق ، أى إما أن تكون صادقة أو كاذبة .

ويعود هذا الإيمان بهذه الثنائية فى العالم إلى قدامى اليونان . فقوانين المنطق عند أرسطو ماهى إلا قوانين الأبيض والأسود ، وترد جميعها – كما سبق وذكرنا – إلى قانون واحد وهو قانون الوسط المرفوع « أ أو ليس أ » ، «إما هذا أو ليس هذا» . فالشيء إما أبيض أو ليس أبيض ، ولا يمكن أن يكون أبيض ولا أبيض فى الوقت

نفسه . ولقد اعتُبر قانون أرسطو صحيحاً لما يزيد عن ألفى عام . وبناء على ذلك لم يأخذ العلم فى اعتباره الحقيقة الرمادية للأشياء ، واعتبر أن اليقين والدقة معياران مطلقان للتعليم والبحوث العلمية .

وحديثاً أوضح هايزنبرج Heisenberg – عالم الفيزياء الألمانى – أنه ليس كل العبارات تكون إما صادقة أو كاذبة ، بل إن كثيراً منها غير محدد وغير يقينى أى رمادى grey أو غائم Fuzzy . وقال هايزنبرج بمبدأ الاحتمال أو اللايقين The principle of uncertainty سنة ١٩٢٠ كنتيجة لمعرفته بعدم إمكانية التحقق من موضع وسرعة إلكترون بعينه فى لحظة معينة على وجه اليقين ، لأن موضع الإلكترون يختلف من ثانية إلى أخرى ، وبذلك يكون من المحال التوصل إلى تحديد مطلق اليقين[٦] .

لأننا فى الواقع ندرك مكان الشىء مثلاً ، عندما نرى إشعاعاته . فإذا كان الشىء متحركاً فإنه سيكون فى موقع آخر لا ندركه حالياً إلا بعد وصول إشعاع منه وهو فى مكانه الجديد . أى أننا بعد أن ندرك هذا المكان برؤيتنا إشعاعاته يكون الشىء قد تحرك من مكانه نتيجة لفقدانه هذا الإشعاع . فالوضع الذى ندركه يتغير بمجرد إدراكنا له . ولذلك من المستحيل أن نصل إلى نتيجة دقيقة بالنسبة للأشياء الذرية بعد رؤيتنا لها مباشرة . ولذلك فإن قياس مثل هذه الأشياء لا يمكننا من التنبؤ . ومن ثم فإن هذا ما أدى إلى القول بنظرية الاحتمال التى حولت اليقين فى الحقيقة الثنائية إلى احتمال .

وإذا كان الاحتمال هو اللايقين الوحيد الذى تعاملت معه الرياضيات ، إلا أنه يمكن القول أن هناك نوعين من اللايقينيات . يتعلق النوع الأول بالأنسقة الفيزيائية، وينشأ النوع الثانى عن التفكير والمعرفة والإدراك الإنسانى .

يتناول النمط الأول من اللايقين العمليات والظواهر التى تنشأ عن السلوك العشوائى Random Behavior للأنساق الفيزيائية . ويمكن مشاهدة شيوع هذا النمط للايقين فى الاهتزازات العشوائية لآلة ما ، والتردد العشوائى للإلكترونات فى المجال المغناطيسى ، وانتشار الغازات فى المجال الحرارى . ولقد كان هذا النمط من اللايقين موضع اهتمام من قبل الباحثين لمئات السنين[٧] .

أما النمط الثانى وهو الذى يتناول ظواهراً تنشأ عن التفكير وعمليات الإدراك الإنسانى أو المعلومات المعرفية بصفة عامة فلم يلق إلا اهتماماً هامشياً . فمعرفة وإدراك البيئة الفيزيائية المحيطة بنا من خلال الجهاز العصبى للحواس وإدراك الألم والحوادث البيولوجية المماثلة من خلال الجهاز العصبى والشبكات العصبية جدير أن يلقيا اهتماماً خاصاً نظراً لإتسامهما باللايقين . فنحن نعبر عن إدراكنا لغوياً بعبارات مثل

« هذه الوردة جميلة وذات رائحة عطرة » فالكلمات « جميلة » ، و « رائحة عطرة » تصف كلاً من الإدراك المرئى وإدراك الشم .

ويشتمل هذا النمط الثانى للايقين على أنشطة الشبكات العصبية ، ولقد كان الجهل بهذه المفاهيم وعدم إمكانية تطبيقها تقنياً فى أنظمة صنع الذكاء وعدم الألفة بهم هو الذى أدى بالعلماء إلى البحث فى هذا النمط الثانى من اللايقين والاهتمام به وهو مجال البحث الذى أدى إلى ظهور المنطق الغائم .

وعلى ذلك عندما نفرق بين نوعى اللايقين ، نجد أن النوع الأول مرتبط بالاحتمال بحدوث الظواهر . فمثلاً « ستمطر غدا » و « أدر النرد تحصل على رقم ٣ » فإنها عبارات يرتبط اللايقين فيها بحدوث الظاهرة . فهناك لا يقين فى عبارة « ستمطر غدا » لأن التنبؤ تم قبل وصول الغد وسوف يتضح بمرور الوقت ووصول الغد . واللايقين فى عبارة « أدر النرد تحصل على رقم ٣ » هو نتيجة للتخمين قبل التدوير ، وإذا ما أدرنا النرد وحصلنا على رقم ٣ فعلاً تصبح القضية يقيناً .

أما النوع الثانى من اللايقين فإنه ناشئ عن الغموض فى معنى الكلمات وهو غموض لا يتضح بمرور الوقت ، بل إنه ملازم للكلمات ويمثل سمة رئيسية لها تدور معها إلى حد ما(٨) . فعبارات مثل « شخص عجوز » و « حرارة عالية » لا يتضح معناها بواسطة الاختبار أو مرور الوقت .

ويعتبر أن لنظرية الاحتمال تاريخاً بعيد المدى ، ذلك أنها تطورت فى القرن السابع عشر ، ومنذ بدايتها وتستفيد منها الرياضيات والعلوم الفيزيائية . أما نظرية الغيوم (التى تتعلق بالنوع الثانى من اللايقينيات) فإنها بدأت منذ حوالى ثلاثة وثلاثين عاماً ، وهى تعبر عن لا يقين الحياة اليومية . ذلك أن الغيومة تعبر عن اللايقين الذى هو جزء من معنى الكلمات والكلمات لا تتجزأ ولا تنفصل عن التفكير الإنسانى .

فرغماً عن أن العالم ممتلىء بالأشياء الرمادية ، إلا أن العلماء قد حولوا هذه الرماديات إما إلى أشياء بيضاء أو إلى أشياء سوداء . فهم لا يرون العالم إلا من خلال الأبيض أو الأسود فقط ؛ لأنهم بذلك يجعلون العالم أكثر بساطة مما لو كان عالماً رمادياً .

فالعلم لم يكن سوى ثنائى القيمة ويعتمد على الرياضيات . لكن إذا تحول العالم إلى عالم رمادى فلابد من بديل للرياضيات . وكان هذا البديل هو المنطق الغائم .

المفارقات Paradoxes

لقد أدى الكشف عن المفارقات إلى التشكك فى يقين الرياضيات ثنائية القيمة وأيضاً إلى اهتزاز الثقة بالمنطق الكلاسيكى . وذلك لأن هذه المفارقات إنما نشأت عن الاعتقاد فى « أ أو ليس أ » .

ومن أشهر الأمثلة على هذه المفارقات مفارقة الإقريطى وهو مثال متداول فى كتب المنطق « قصة الرجل الإقريطى الذى قال عن أهل بلده إنهم جميعاً كذابون ، لكن القائل نفسه من أهل بلده ، إذاً فهو كاذب ، وقوله هذا كاذب ، إذاً فنقيضه صادق ، وهو أن أهل بلده صادقون ، والقائل واحد منهم ، إذاً فهو صادق . إذاً فقوله الأول بأن أهل بلده كذابون قول صادق ، وبذلك تكون قد وصفنا القول نفسه بالصدق والكذب معاً ، وهذا تناقض »[٩] . وهو يكون تناقضاً طبقاً لقانون الوسط المرفوع الذى لا يسمح باقتران الصدق والكذب معاً .

أما المفارقة التى كشفت بالفعل عن وجود خطأ ما فى المنطق ذاته أو الرياضيات ذاتها فهى المفارقة المشهورة عن فئة كل الفئات Set of sets التى لا تكون أعضاء فى ذواتها . وهذا النوع من المفارقات يظهر وجود خطأ فى النسق المنطقى والرياضى لاحتوائها على حدود منطقية أو رياضية مثل « فئة » و « عدد »[١٠] .

وكمثال على الفئات التى ليست أعضاء فى ذاتها فئة « الزهور» ، فهى ليست عضواً فى ذاتها لأن أعضاءها تكون زهوراً . والأمر كذلك بالنسبة للفئات الأخرى لأن أعضاءها تكون أفراداً وليس فئات . ولكن إذا ما تناولنا « فئة كل الفئات » هل تكون عضواً فى ذاتها ؟ نعم ، ففئة كل الفئات هى نفسها فئة ومن ثم تكون عضواً فى ذاتها لأن أعضاءها فئات . ولكن هل فئة كل الفئات التى لا تنتمى لذاتها (مثل فئة الزهور) تنتمى لذاتها؟ إذا قلنا إنها لاتنتمى لذاتها ففى هذا تناقض لأن أعضاءها فئات وهى فئة وبذلك تستوفى معيار العضوية ، وإذا قلنا إنها تنتمى لذاتها ففى هذا تناقض لأنها بالتعريف فئة الفئات التى لا تنتمى لذاتها . وبذلك أينما صنفنا الفئة وقعنا فى تناقض ، لأنه إما أ أو ليس أ . وبذلك وقعت الرياضيات فى أزمة .

ومن أجل حل مثل هذه المفارقات وضع راسل Russell نظرية الأنماط، وتفترض هذه النظرية ترتيباً متسلسلاً لأنماط الأشياء . فهناك أولاً نمط الأفراد ويمثله (المستوي الصفرى) ، ثم نمط صفات الأفراد ويمثله (المستوى الأول) ثم نمط صفات الأفراد ويمثله (المستوى الثانى) وهكذا . وتسند صفات المستوى الأولى للأفراد فقط ولا يمكن تطبيقها على صفات من نفس نمطها (أى من المستوى الأول) ، أو على صفات من مستويات أعلى على الإطلاق . وأيضاً صفات المستوى الثانى يمكن إسنادها لصفات المستوى الأول فقط ، ولا يمكن إسنادها إلى مستويات أعلى منها وهكذا[١١] .

ولكن المنطق الغائم تناول هذه المفارقات على أنها نصف حقائق - Half Truths يتحقق فيها أ وليس أ ، وتكون أ صادقة بنسبة ٥٠ ٪ فقط ، وتكون ليس أ صادقة بنسبة ٥٠ ٪ فقط . فالمفارقات نصف صادقة ونصف كاذبة ، فهي علي مسافة متساوية من أركان الأبيض والأسود[١٢] .

فإذا كانت المفارقات تمثل الاستثناء لمنطق أرسطو ، فإن التحليل الغائم يوضح العكس . فالمفارقات فى المنطق الغائم هى القاعدة وليست الاستثناء ، لأن ظلال الرمادى تتحقق بين الأبيض والأسود وظلال الرمادى تعنى أن أ وليس أ محققة بدرجة ما على نحو ما سنرى .

المنطق متعدد القيم
Multivalued Logic

وقد أدى الكشف عن المفارقات المنطقية وكونها ناتجة عن القول بثنائية القيمة فى المنطق الكلاسيكى إلى محاولات لوضع منطق متعدد القيم من أجل حلها ، وقد بدأت هذه المحاولات بوضع قيمة تقع بين قيمتى الصدق والكذب ، أو بين الصفر والواحد الصحيح وهى قيمة الاحتمال . فالمنطق متعدد القيم يتخذ مع الصدق والكذب قيمة أو قيماً أخرى متعددة تقع بينهما .

وعادة ما يدعى أصحاب المنطق متعدد القيم أن ما يقدمونه من أنساق هو بديل للمنطق التقليدى . وتذهب هاك Haack إلى أن المنطق كثير القيم إن هو إلا منطق «معدل» Deviant Logic[١٣] . ذلك أنه يشارك المنطق الكلاسيكى إلا أنه يخلو من بعض مبرهناته مثل قانون الوسط المرفوع (أ أو ليس أ)[١٤] . ولقد وضع يان لوكاشيفتش سنة ١٩٢٠ نسقاً ثلاثى القيمة فى منطق الجهات ، كما وضع أيضاً منطقاً رباعى القيم ، وآخر ثمانى القيم به احتمالات مختلفة من الدرجات[١٥] .

رفض لوكاشيفتش المنطق ثنائى القيمة لأنه سيؤدى إلى الحتمية إذا ما طبق على الحوادث المستقبلية . وذهب لوكاشيفتش إلى أنه إذا كانت بعض الحوادث المستقبلية – كأن تقع معركة بحرية غداً – متصفة بالإمكان فالقضية التى ننطق بها اليوم عن هذه الحوادث لا تكون صادقة ولا كاذبة . ومن ثم يجب أن تكون لها قيمة صدق غير القيمتين « صادق » و « كاذب » . وهذه القيمة الثالثة هى الممكن Possible أو غير المحدد Indeterminate ، وليس لقانون الوسط المرفوع مبرهناته لدى لوكاشيفتش .

والحقيقة أن اللجوء إلى منطق متعدد القيم لم يؤد إلى حل مشكلة المفارقات ، ذلك أن القيم المتعددة تقوم على وضع حدود واضحة بينها ، بينما تنشأ المفارقات لعدم وجود مثل هذه الحدود . ومن ثم كان الحل من وجهة نظر المنطق الغائم هو تدرج القيم المتصل وليس بتعددها .

المنطق الغائم Fuzzy Logic

هو المنطق الذى يتناول طرق التفكير التى تتسم بالتقريب وليس بالدقة . وترجع أهميـة المنطق الغائم إلى أن أغلب أنماط التفكير الإنسانى هـى بطبيعتها تقريبية. ويقع التفكير التقريبى خارج نطاق مجال المنطق الكلاسيكى الذى يهتم بأنماط التفكير ذات الصياغات الدقيقة . فمعايير المنطق الكلاسيكى للتفكير الصحيح لا تلائم سوى اللغات الإصطناعية الدقيقة . وتخفق هذه المعايير عندما تنطبق على اللغات الطبيعية الغامضة Natural Vague Languages والتى نفكر بها فعلياً فى ما يخص العالم الذى نخبره . وإذا كان من الممكن أن نقلل من غموض اللغات الطبيعية إلا أننا لا يمكننا جعلها دقيقة الدقة الكاملة[١٦] . وإذا كان المنطق الكلاسيكى ينطبق على اللغات الرمزية المتسمة بالدقة التامة فإنه ينطبق على لغات لا يمكـن التحدث بها . ومن ثم كانت أهمية المنطق الغائم لإمكانية تطبيقه على اللغات الطبيعية .

يتعامل المنطق الغائم مع قيم صدق الصدق الجزئى Partial Truth الذى يقع بين « الصدق الكامل » و « الكذب الكامل » ، فهو يتناول النسب التى تقع بين صفر ٪ و ١٠٠ ٪ . فالمنطق الغائم يسمح بمزيد من الدرجات ، أى أنه يسمح بالمتصل اللانهائى Infinite Continuum للدرجات الرمادية التى تقع بين الصفر والواحد الصحيح . فهو يتعامل مع الحوادث التى تحدث بدرجة ما وليس إذا ما كانت الحوادث العشوائية تحدث كلها أو لا تحدث . أى أن المنطق الغائم لا يتنبأ إذا ما كان الحدث سيقع أم لا أو إذا ما كان سيقع بنسبة بعينها ، ولكنه يتعامل مع الصفات التى تصف الحدث . فإذا قلنا « احتمال أن يكون الطقس حاراً جداً غداً » فـإن نظريـة الاحتمـال هى التـى تتنـاول نسـبة هذا الاحتمال . أما وصف الحرارة بـ « جداً » فإن هذه الصفة باعتبارها صفة غائمة هى ما يتناولها المنطق الغائم .

وكان الميلاد الفعلى للمنطق الغائم على يد العالم الأمريكى الجنسية والإيرانى الأصل لطفى زاده(*) حينما نشر سنة ١٩٦٥ بحثاً بعنوان « الفئات الغائمة Fuzzy Sets » ولم يعره أحد اهتماماً فى ذلك الوقت ، إلا أنه وجد اهتماماً متزايداً من جانب القراء بكتابة المزيد من البحوث فى الفئات الغائمة .

(*) ولد زاده سنة ١٩٢٠ فى باكو Baku عاصمة أذربيجان ، وهو إيرانى الأصل عاش فى إيران منذ العاشرة من عمره وحتى بلغ الثالثة والعشرين . حصل على البكالوريوس سنة ١٩٤٢ فى الهندسة الكهربية من جامعة طهران . رحل سنة ١٩٤٤ إلى الولايات المتحدة حيث حصل على الماجستير فى الهندسة الكهربية سنة ١٩٤٦ وعلى الدكتوراه فى التخصص نفسه سنة ١٩٥١ . وشغل منصب أستاذ كرسى سنة ١٩٧١ بقسم الهندسة الكهربية فى بركلى - جامعة كاليفورنيا .

وفى سنة ١٩٧٢ أعلن زاده ما أسماه بمبدأ عدم التوافق Principle of Incompatibility والــذى مؤداه « كلما تزايد تعقد النظام تناقصت مقدرتنــا عــلى صنع عبــارات خاصة بمسلكه تكون ذات دلالة ودقيقة فــى الوقت نفــسه وذلك إلـــى الحد الذى تستبعد فيه خاصيتا الدقة والدلالة ، كل منهما الأخرى تبادلياً » . كمــا أعلن لاحقة لهذا المبدأ وهى « كلما ازداد المرء اقتراباً من النظر إلــى مشكلة العالم الواقعى أصبح حلها أكثر غيمومة » ؛ أى إن الدقة تزيد من الغيمومة[١٧] .

ولم يستخدم زاده مصطلح « تعدد القيم » الذى سبق واستخدمه لوكاشيفتش كما أنه لـم يستخدم مصطلح « غامض » الذى سبق واستخدمه كل من بلاك Black وراسل واستخدم كلمة « غائم » Fuzzy[*] لأنه يرى ارتباطها بالحس المشترك وكذلك بالتسوق .

والمنطق الغائم هو وسيلة لنمذجة لايقين اللغات الطبيعية . فيمكن أن يعبر عن الحدود اللغوية المتسمة بعدم اليقين مثل « ربما كان كاذباً » ، « صادق نوعاً ما » . وعندما يطبق المنطق الغائم على الحاسبات ، فإنه يسمح لها بأن تحاكى عملية التفكير الإنسـانى ، فتكمم المعلومات غير الدقيقة وتصنع قرارات مرتكزة على بيانات غامضة وناقصة . فالمنطق الغائم يعنى استنتاجاً بأعداد غائمة وفئات غائمة .

ويعد مصطلح المنطق الغائم مسمى أو بطاقة لفكرة أو عدة أفكار : ظلال الرمادى، حدود ضبابية ، مساحة رمادية ، متضادات متوازنة ، كل من الصدق والكذب ، التناقض . ويعتبر البعض أنها فكرة لها جذورها فى الماضى السحيق فى الشرق الأقصى . فيذهب كوسكو Kosko إلى أن المنطق الغائم هو تصور تعود جذوره إلى بوذا[**].

حقيقة لم يكن بوذا منظراً للغائم ، ولكن كانت لديه فكرة الظلال الرمادية ، لأنه كان يسمح بـ أ وليس أ معاً[١٨] . فبوذا أول مفكر رفض عالم الأبيض والأسود ثنائى القيمة . ذلك أنه إذا ما تجنب المرء حدود الأبيض والأسود ستكون رؤيته للعالم

(*) كلمة "Fuzzy" مرتبطة بالحس المشترك عند من يتحدثون الإنجليزية فيمكن شيوع تداولها عــند استخدامها فى تسويق الأجهزة القائمة علـــى المنطق الغائم . بـــل وأصبحــت كلمــة "Fuzzy" هى المفتاح للتسوق .

(**) كان بوذا هندياً وليس صينياً ولم يذهب قط إلى الصين ، ولكن آراؤه انتشرت من خلال الصين . وكان بوذا ملحداً أو لا أدرياً وتنحصر آراؤه عن العالم فيما يلى : ١ – الحياة مشقة . ٢ – تنبع المشقة من الرغبة . ٣ – استبعد الرغبة وبذلك تستبعد المشقة . ٤ – عش حياة هادئة ومارس التأمل كى تتمكن من استبعاد الرغبات .

أكثر وضوحاً . فلقد اخترق بوذا عالم الأبيض والأسود ورأى العالم كما هو يراه مليئا بالمتناقضات ، بالأشياء واللاأشياء ، وبـ أ وليس أ .

ومن أهم سمات المنطق الغائم ما يلى[١٩] :

١ – أنه يعتبر التفكير الدقيق Exact هو حالة حدية Limiting Case للتفكير التقريبى .

٢ – يكون كل شىء موضوعاً للتدرج Matter of Degree .

٣ – يمكن تغييم Fuzzified أى نسق منطقى .

٤ – تقدم المعرفة مجموعة من التفسيرات المطاطة أو الغائمة .

٥ – الاستدلال هو عملية لتوليد تفسيرات مطاطة .

فالمنطق الغائم يختلف عن الأنساق المنطقية التقليدية قلباً وقالباً (فى الروح والتفصيلات) . ويرى لطفى زاده إن الاختلافات الرئيسية بينهما كما يلى[٢٠] :

١- الصدق Truth

إنه لمن المعروف أن للصدق فى المنطق ثنائى القيمة قيمتين فقط هما : صادق أم كاذب . أما فى المنطق متعدد القيم فتتعدد القيم ، فهى إما ثلاث قيم أو أربع قيم أو خمس قيم وهكذا . إلا أن هذه القيم متقطعة تتجاوز ما بينها من قيم .

بينما تكون قيمة صدق القضية فى المنطق الغائم هى فئة فرعية غائمة لأى فئة مرتبة جزئياً ، لكن من المعتاد أن يفترض أنها فئة فرعية غائمة للفاصل (صفر ، واحد صحيح) أو ببساطة تكون نقطة Point فى هذا الفاصل . وتفسر قيم الصدق اللغوية Linguistic Truth Values (والتى مثل : صادق جداً ، ليس صادقاً تماماً ، كاذب إلى حد ما ، يكاد أن يكون كاذباً ... إلخ) باعتبارها قوائم فئات فرعية غائمة للفاصل (صفر ، واحد صحيح) ؛ فالمنطق الغائم يسمح بالصدق المتدرج المتصل .

٢ - المحمولات Predicates

تمثل المحمولات فى المنطق الكلاسيكى فئات محددة Crisp Sets فإذا قلت عبارة مثل « فاطمة سعيدة » فإن فاطمة لابد أن تكون سعيدة حتى يمكن أن تنتمى لفئة السعداء ، وإلا إذا لم تكن سعيدة فإنها تنتمى إلى فئة اللاسعداء ، ولا يمكن أن تكون سعيدة وليست سعيدة فى الوقت نفسه . ولكن فى المنطق الغائم ليس هناك ما يمنع أن يكون الشخص سعيداً وليس سعيداً فى آن واحد . ومن ثم فإن المحمولات فى المنطق الغائم هى محمولات غائمة مثل « سعيد إلى حد ما » ، « يكاد أن يكون طويلا » ، « أكبر بكثير من » ... الخ . ويجدر الملاحظة أن معظم المحمولات فى اللغات الطبيعية تكون غائمة أكثر منها محددة .

٣ - معدلات المحمول Predicate Modifier

يعد النفى هو معدل المحمول الوحيد المستخدم فى المنطق الكلاسيكى بينما هناك العديد من معدلات المحمول فى المنطق الغائم وذلك مثل « جداً »، « بشكل أو بآخر » ، « بالكاد » ، « أحرى » ، ... إلخ . وتلعب معدلات المحمول دوراً أساسياً فى توليد قيم المتغيرات اللغوية مثل « طويل جداً » ، « ليس طويلاً جداً » وهكذا .

٤ - الاسوار Quantifiers

يوجد نوعان فقط من الأسوار فى المنطق التقليدى وهما السور الكلى Universal Quantifier والسور الوجودى Existential Quantifier . فالسور الكلى يعبر عن تملك (أو عدم تملك) جميع أفراد الموضوع للصفة الواردة فى المحمول . أما السور الوجودى فإنه يعبر عن وجود فرد واحد على الأقل يمتلك (أو لا يمتلك) الصفة الواردة فى المحمول . وبالإضافة إلى هذين السورين فإن المنطق الغائم يسمح بمتنوع متعدد من الأسوار الغائمة مثل «قليل» ، «الأغلب» ، «تقريباً دائماً» ، .. إلخ .

٥ - الاحتمالات Probabilities

يكون للاحتمالات قيمة عددية أو قيمة تقع بين الصفر والواحد الصحيح ولتكن 0.5 مثلاً . أما فى المنطق الغائم فإن الاحتمالات تكون غائمة أو لغوية مثل : « من غير المحتمل » ، « محتمل جداً » ، « حوالى كذا ... إلخ . وتفسر هذه الاحتمالات باعتبارها أعداداً غائمة .

٦ - الممكنات Possibilities

على عكس منطق الجهة Modal Logic يكون تصور « الممكن » فى المنطق الغائم مدرجاً أحرى من كونه ثنائياً ، فالممكنات هى متغيرات لغوية ذات قيم مثل : « ممكن » ، « ممكن تماماً » ، « تقريباً ممكن » ، « يستحيل تقريباً » ... الخ .

مفهوم الفئات الغائمة Fuzzy Sets

لقد وضع لطفى زاده « الفئات الغائمة » لتكون بديلاً للفئات المحددة Crisp Sets المستخدمة فى المنطق الكلاسيكى . لقد إدرك زاده أن الإنسان لا يفكر بلغة الكم ولكن بلغة الكيف . فهو لا يستخدم الأعداد بل الكلمات التى مثل «أحياناً» ، « نوعاً ما » ، « ربما » .

والسمة المميزة للفئات الغائمة هى المقدرة على التعبير عن كم الغموض فى التفكير الإنسانى ، كما تعتبر الفئات الغائمة امتداداً للفئات المحددة . فبينما تسمح الفئة المحددة إما بعضوية كاملة أو لا عضوية على الإطلاق فإن الفئة الغائمة تسمح بالعضوية الجزئية ، أى أن العنصر أو الشىء يكون منتمياً انتماء جزئياً لفئة ما . وحتى نتبين الفارق بين الفئات المحددة والفئات الغائمة سنتناول مفهوم الفئة فى المنطق الكلاسيكى ، ثم نتبع ذلك بمفهوم الفئة الغائمة فى المنطق الغائم وذلك على النحو التالى .

مفهوم الفئة فى المنطق الكلاسيكى

يعتبر راسل أنه من أصعب المشكلات فى الفلسفة الرياضية وأعظمها أهمية أن نتمثل فى الذهن تمثلاً واضحاً المقصود بالفئة[٢١] .

وهناك أمثلة كثيرة لمفهوم الفئة فى حياتنا اليومية ، فكثيراً ما نتحدث عن « فئة الطلبة » ، «فئة الأساتذة» ، «فئة الرياضيين» . وعادة ما يشار للفئة باعتباره « فئة كذا وكذا » ، أى الفئة التى يتميز أعضاؤها بسمة معينة ، فاتصاف الفرد بسمة معينة هو ما يجعله منتمياً لفئة بعينها . فمثلاً لا يمكن لأى شخص أياً كان أن ينتمى لفئة الطلبة إلا إذا كان طالباً ، فكونه طالباً هى السمة التى تحدد عضويته فى فئة الطلبة .

والواقع أنه توجد طريقتان بصفة عامة لتكوين الفئات . وترتكز هاتان الطريقتان على التفرقة بين المفهوم والماصدق . فهناك من يرى - وبخاصة الرياضيين - أن الفئة تتكون على أساس الماصدق . أى أن الفئة تتكون بواسطة عدد الأفراد المكونين لها والمرتبطين بواو العطف مثل فئة « محمد وحسين وزيد وعمرو » . وبذلك نحصل على فئة يكون أعضاؤها هم محمد وحسين وزيد وعمرو .

وقد تتكون الفئة على أساس المفهوم وكمثال على ذلك فئة « طلبة السنة الثالثة فلسفة » والتى يمكن أن تضم عدداً كبيراً من الطلبة ممن ينطبق عليهم مفهوم « طلبة السنة الثالثة فلسفة » .

وطبقاً لمفهوم المنطق الكلاسيكى ، فإن الفئات تكون فئات محددة ، أى أن عضوية شىء فى فئة معينة يتوقف على أن يكون هذا الشىء متصفاً بالصفة التى تحددها هذه الفئة وألا يكون ليس عضواً بها . أى أن العضوية فى فئة ما تكون مساوية إما للواحد الصحيح أو للصفر . ففى حالة عضوية الشىء فى الفئة تكون دالة العضوية مساوية للواحد الصحيح . وفى حالة عدم عضويته تكون دالة العضوية مساوية للصفر .

ومن المفاهيم العامة فى الفئات مفهوم الفئة الشاملة Universal Set . فكما عرفنا فإن الفئة هى جمع من أشياء تتصف بصفات بعينها . وإذا افترضنا أن العالم يتكون من الفئات أ ، ب ، جـ ، وتناولنا الفئة أ فإن ما يتبقى فى العالم هو كل ما لا ينتمى للفئة أ ، أى أن العالم يكون محتوياً على الفئة أ والفئة لا أ ، والتى يرمز لها بالرمز آ .

وعادة عندما نتحدث فإننا لا نتحدث عن العالم بصفة عامة ، بل عن عالم مقال أو خطاب Universe of Discourse بعينه ، فمثلاً عالم المقال فى كتب الرياضيات هـو جميع الأعداد . وقد يكون عالم المقال خاصاً بمقال بعينه مثل الأعداد أو الألوان ، وقد يكون عالماً شاملاً لجميع الفئات التى يمكن أن نتحدث عنها .

وعالم المقال هو نفسه المقصود بالفئة الشاملة . وعادة ما يرمز لعالم المقال أو

الفئة الشاملة بالواحد الصحيح ؛ أى يعبر عن الفئة الشاملة كما يلى :

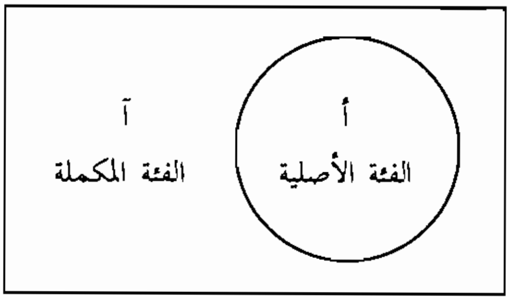
الفئة الشاملة = ١

وإذا ما كانت الفئة الشاملة هى فئة الألوان واخترنا منها فئة اللون الأحمر وأشرنا لها بالرمز « أ » ستكون باقى فئات الألوان هى « آ » ، أى إن الفئة الشاملة تكون محتوية على أ ، آ ويعبر عن ذلك بالصياغة الرمزية التالية :

١ = أ + آ

ويعبر عن ذلك أيضاً بالشكل الآتى :

الفئة الشاملة = ١



حيث يطلق على الفئة « أ » التى اخترنا التحدث عنها الفئة الأصلية ، ويطلق على الفئة « آ » الفئة المكملة .

وهناك عوامل إجراء خاصة بالفئات ، وأهمها :

١ - إجراء النفى

عندما نكوّن فئة داخل عالم المقال فإن كل فرد فى هذا العالم سيكون إما منتمياً لهذه الفئة أو خارجها كما سبق وذكرنا . فإذا كان عالم المقال هو الشعوب المختلفة وكانت الفئة المتكونة هى فئة المصريين ، فإن كل فرد فى عالم المقال سيكون إما داخلاً فى هذا الفئة أو خارجاً عنها . أى أن كل فرد فى عالم المقال سيكون إما مصرياً أو لا مصرياً . ويعبر عن ذلك رمزياً على النحو الآتى[٢٢] :

(س) (س ∈ أ) v (س ∈ آ)(*)

وتقرأ أنه « بالنسبة لكل س فإن س تكون أ أو س ليس أ » . ويطلق على الفئتين أ ، آ فئات تكميلية Complementary Sets لأن كلاً منهما تحتاج الأخرى لتكمل عالم المقال ، وبذلك يستخدم إجراء النفى لتعريف الفئة آ .

٢ - إجراء الضرب المنطقى

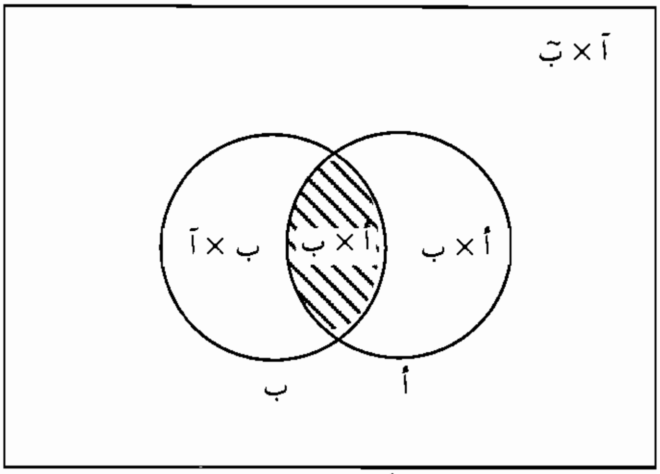
إذا افترضنا أن لدينا الفئتين أ ، ب وكانت الفئة أ هى فئة الطلاب ، وكانت الفئة ب هى فئة الرياضيين فيمكن أن نجد أعضاء مشتركة بين هاتين الفئتين . ذلك أنه يمكن أن يوجد من هو طالب ورياضى فى آن واحد . ويكون الأعضاء

(*) يعبر الرمز ∈ عن الانتماء .

المشتركة بين الفئتين أ ، ب فئة جديدة يطلق عليها الفئة المشتركة Common Set أو الفئة العطفية Conjunctive Set لأنها ناتجة عن عطف فئتين أو حاصل ضربهما(٢٣) . ويرمز للفئة الناتجة عن العطف أو حاصل الضرب كالآتى(*) :

أ × ب

ويعبر عنها بالشكل الآتى :



أ × ب

ومن الواضح أن الفئة العطفية تكون أصغر من كل من الفئتين التى تكونت منهما ، ففئة الطلاب الرياضيين أصغر من فئة الطلاب ، وكذلك أصغر من فئة الرياضيين . حقيقة إنها أحياناً تكون متساوية لإحداهما ، ولكنها بالتأكيد لن تكون أكبر منها .

٢ - إجراء الجمع المنطقى

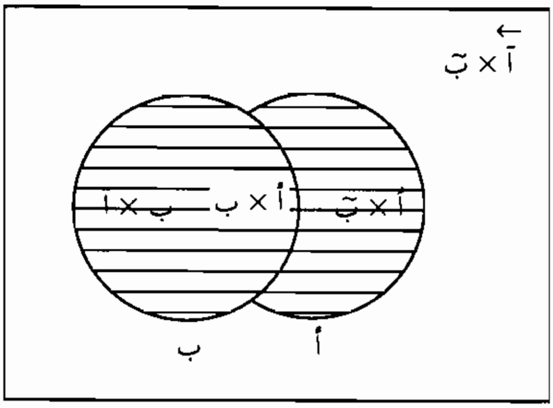
إذا ما أضفنا الفئة أ إلى الفئة ب تتكون فئة جديدة يكون أعضاؤها ممن ينتمون إما إلى الفئة أ أو الفئة ب ولذلك تسمى الفئة الناتجة جمع أ ، ب . ويعبر عنها بعلامة الجمع «+» كما فى الجمع الرياضى ، ومن ثم فالصياغة الرمزية لها : أ + ب . والدالة المعرفة لها هى :

(س ∈ أ) v (س ∈ ب)

ويطلق على الفئة الناتجة من الجمع المنطقى الفئة الفصلية Disjunctive Set ذلك أن جمع فئتين معاً لا يزيل الفارق بينهما ، بل تظل كل فئة متميزة عن الأخرى . وهناك نوعان من الفصل : الفصل غير الاستبعادى الذى يفيد إمكانية الجمع بين البديلين . والفصل الاستبعادى الذى يستحيل معه الجمع بين البديلين .

(*) يطلق على هذا الشكل «شكل فن» نسبة إلى عالم المنطق الإنجليزى جون فن John Venn.

وعادة ما يستخدم الفصل غير الاستبعادى – والذى يطلق عليه أحياناً الفصل الضعيف – فى المنطق الرياضى . ويمكن توضيح الفصل غير الاستبعادى بالمثل التالى : إذا اعتبرنا أن الفئة أ هى فئة المتعلمين ، والفئة ب هى فئة الرياضيين وقمنا بالجمع بينهما تكونت الفئة « أ + ب » . وإذا اخترنا جزافاً أى عضو من الفئة « أ + ب » سيكون منتمياً إما إلى فئة الرياضيين أو إلى فئة المتعلمين أو إلى فئة المتعلمين الرياضيين ، لأنه من الممكن وجود عضو يكون متعلماً ورياضياً فى الوقت نفسه ، وهذا ما يعبر عنه بالشكل التالى[٢٤] :



فالفئة أ + ب يمثلها الجزء المظلل من الشكل ، وعلى ذلك فإن الفئة أ + ب تكون مساوية للفئات « أ × بَ » أى فئة المتعلمين غير الرياضيين ، « ب × آ » أى فئة الرياضيين غير المتعلمين ، « أ × ب » أى فئة المتعلمين الرياضيين .

مفهوم الفئة الغائمة

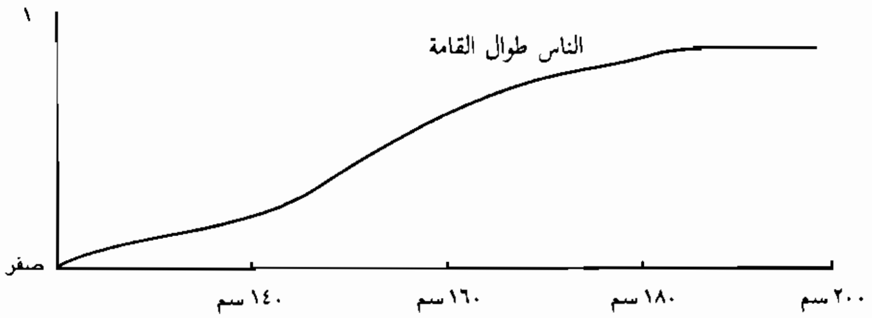
لقد أثارت نظرية الفئة الغائمة عندما قدمها زاده سنة ١٩٦٥ الكثير من المجادلات والمناقشات . ولكن حديثاً اكتشف لها الكثير من التطبيقات فى عديد من المجالات . وأكثر التطبيقات نجاحاً لهذه النظرية مجال متحكمات المنطق الغائم Fuzzy Logic Controllers والذى لاقى نجاحاً هائلاً فى اليابان ، حيث تستخدم الكثير من المنتجات التجارية هذه التقنية . فهذه التقنية تقدم متحكمات ذات أداء مماثل لأداء الإنسان الخبير[٢٥] . والفئة الغائمة وهى الأساس للتحكم الغائم توسع من تصور الفئة المحددة بواسطة تعريف العضوية الجزئية والتى يمكن أن يكون لها قيم مدرجة من الصفر إلى الواحد الصحيح .

وأهم ما يميز الفئات الغائمة هى تحويلها لدالة العضوية للفئة المحددة ، التى كانت تعبر إما عن انتماء الشىء للفئة أو عن عدم انتمائه لها لتصبح دالة العضوية معبرة عن الانتماء بأى قيمة من القيم التى تقع بين الصفر والواحد الصحيح ، وهى قيم متصلة ولا نهائية ، ويرمز لدالة العضوية بالرمز μ والصياغة الرمزية لتمثيلها ، القيم التى تكون مساوية أو أكبر من الصفر ومساوية أو أصغر من الواحد الصحيح هى :

$$\mu = \text{صفر} \le \mu \le 1$$

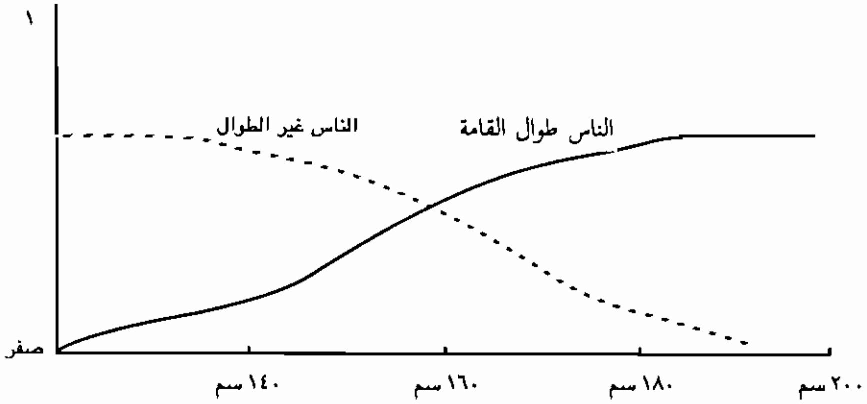
كما يمكن للفئة الغائمة أن تعبر عن الغموض ، وتعدد المعنى الذى تتضمنه معظم اللغات الطبيعية . ويمكن أن نوضح ذلك بصفتى « طويل » ، « عجوز » . فبالنسبة لصفة الطول لا نستطيع أن نحدد بوضوح من هو الطويل ، ومن هو ليس بطويل ، وهل إذا قلنا إن الطويل هو من يكون طوله ١٦٠ سم مثلاً فماذا عن الشخص الذى يكون طوله ١٥٩,٥ سم هل يكون طويلاً أم قصيراً ؟ أو الشخص الذى طوله ١٦١ سم هل يكون طويلاً أم طويلاً جداً ؟ وكذلك الأمر بالنسبة لصفة « عجوز » التى يصعب أن نحدد أيضاً من هو العجوز ؟ هل العجوز هو من يكون عمره ستين سنة أم أكثر أم أقل ؟ حيث هناك من يعتبر أن الشباب ليس له دخل بالسن وقد يكون الإنسان عمره ستين سنة ولكنه شاب .

ولقد استخدم زاده فئة الناس طوال القامة ليوضح الفئة الغائمة ، وربط تصور « الطول » بمنحنى من قيم الوحدات الغائمة . وأطلق زاده على هذه الفئة الغائمة منحنى العضوية Membership Curve ، والذى يمكن توضيحه بالرسم البيانى التالى(٢٦) :



يوضح المحور الأفقى الطول بالسنتيمتر ، بينما يوضح المحور الرأسى درجة عضوية الشخص فى فئة الناس الطوال . فمثلاً الشخص الذى طوله ١٤٠ سم يكون عضواً فى فئة الطوال بدرجة 0.1 بينما الشخص الذى طوله ١٦٠ سم فهو عضو بها بدرجة 0.4 وهكذا .

ويوضح هذا الرسم أن لكل طول درجة أو قيمة أو عضوية فى فئة الناس الطوال ، فكل شخص طويل لدرجة ما . وكل إنسان ليس طويلاً لدرجة ما . ومن ثم فإن منحنى اللاطول يكون عكس منحنى الطول . وإذا رسمنا منحنيات الطول وعدم الطول على الرسم البيانى نفسه ، يمكن أن نرى أنهما يتقاطعان عند منتصف قيمة الوحدات ؛ حيث تكون أ تساوى ليس أ وذلك على النحو الآتى :



ومن ثم فإنه مع الفئات الغائمة يمكن أن نمثل أى معدلات Modifiers لغوية مثل طويل جداً ، طويل بشكل أو بآخر ، والطول مثله مثل معظم خواص العالم إن هو إلا مسألة تدرج . ويوضح المنحنى هذا التغير الناعم الذى لا يمكن أن توضحه الخطوط الجامدة . فالفئات الغائمة تربط العالم بمنحنيات .

ويلاحظ فى الرسم البيانى السابق أن المحور الأفقى هو تكميم لصفة الطول ، بينما يكون المحور الرأسى تكميماً لدرجة الغموض ، وهذا ما يطلق عليه تكميم المعنى Quantification of Meaning .

ويطلق على الدالة التى يعطى عندها درجة العضوية « دالة العضوية Membership Function » والتى يرمز لها بالرمز μ كما سبق وذكرنا . ويطلق على درجة التضمن « المدى Extent » أو « التدرج Grade » . فمثلاً درجة عضوية الأشخاص أ ، ب ، جـ حسب أطوالهم فى فئة الطوال (ط) يعبر عنها كما يلى[٢٧] :

μ ط (أ) = ١

μ ط (ب) = 0.8

μ ط (جـ) = 0.2

ويلاحظ أن هناك شيئين رئيسيين يحكمان الفئات الغائمة . الشىء الأول هو المحور الأفقى الذى يمثل الفئة ، والشىء الثانى هو دالة العضوية . وينظر فى النظرية الغائمة إلى الفئات المحددة على أنها حالات استثنائية للفئات الغائمة .

وينطبق على الفئات الغائمة عوامل الإجراء التى تطبق على الفئات المحددة ، وهى العوامل التى تؤدى إلى الاتحاد والتقاطع والاكتمال ، وسوف نستخدم دالة العضوية فى توضيحها كما يلى[٢٨] :

١ - الاتحاد Union

تكون الصياغة الرمزية لاتحاد الفئات الغائمة أ ، ب كما يلى :

أ U ب

وهى فئة غائمة يمكن تعريفها بواسطة دالة العضوية كما يلى :

μ أ U ب (س) = μ أ (س) v μ ب (س)

ويلاحظ أن الفئة الغائمة الناتجة عن اتحاد فئتين غائمتين تكون قيمة دالة عضوية أى عنصر من عناصرها هى القيمة الأكبر من دالة عضويته فى أى من الفئتين المتحدتين . فمثلاً إذا كانت قيمة دالة عضوية (س) فى أ هى 0.6 وقيمة دالة عضويتها فى ب هى 0.4 فإن دالة عضوية (س) فى الفئة الغائمة الناتجة عن اتحادهما تكون 0.6 لأنها القيمة الأكبر .

٢ - التقاطع Intersection

الصياغة الرمزية لتقاطع الفئات الغائمة أ ، ب كما يلى :

أ ∩ ب

ويمكن تعريف تقاطع الفئات الغائمة بواسطة دالة العضوية كما يلى :

μ أ ∩ ب (س) = μ أ (س) A μ ب (س)

وتكون قيمة دالة عضوية أى عنصر من عناصر الفئة الغائمة الناتجة عن تقاطع فئتين غائمتين هى القيمة الأصغر لدالة عضويته فى أى من الفئتين المتقاطعتين . فمثلاً إذا كانت قيمة دالة عضوية (س) فى أ هى 0.2 ، وقيمة دالة عضويتها فى ب هى 0.4 فإن قيمة دالة عضوية (س) فى الفئة الغائمة الناتجة عن تقاطعهما هى 0.2 لأنها القيمة الأصغر .

٣ - الاكتمال Complement

مكمل الفئة الغائمة أ هو أ̄

وهو فئة غائمة يمكن تعريفها بدالة العضوية الآتية :

μ أ̄ (س) = 1 - μ أ̄ (س)

فمثلاً إذا كانت قيمة دالة عضوية س فى الفئة الغائمة أ̄ هو 0.4 فإن قيمة دالة عضويتها فى الفئة الغائمة أ يكون 0.6 أى (1 - 0.4) لأن الفئة الشاملة تساوى الواحد الصحيح .

ويلاحظ أن قانونى الوسط المرفوع وعدم التناقض لا يتحققان للفئات الغائمة . فالفئات الغائمة تظهر عندما تكون الحدود غير واضحة أو ضبابية ؛ أى عندما تتداخل أ مع ليس أ .

اللزوم الغائم
Fuzzy Implication

عادة ما يفكر الناس ويصلون إلى قرارات من خلال ما يسمى بقواعد اللزوم التى تربط بين الأفكار . فإذا كنت ترغب فى الذهاب إلى مكان ما وعلمت أن الجو ممطر فستصل إلى النتيجة التى مؤداها أنه عليك أن تأخذ معك مظلة من خلال القاعدة التى مؤداها أنه إذا نزلت فى المطر إذاً سوف تبتل .

ولقد شيد علماء الحاسب مجال الذكاء الاصطناعى بناء على الاعتقاد بأن المعرفة ماهى إلا قواعد . ولكن قواعد اللزوم طبقاً للمنطق الكلاسيكى هى قواعد قائمة على قيم الصدق فقط بغض النظر عن المضمون . فقاعدة مثل « إذا كان الجبن أخضر فإن ٢ + ٢ = ٤ » هى قاعدة صادقة فى المنطق الكلاسيكى رغم عدم وجود ما يربط بين مقدمتها وتاليها ، وذلك لأن قضية اللزوم المادى تصدق فى ثلاث حالات ، هى :

١ - فى حالة صدق المقدم وصدق التالى .

٢ - فى حالة كذب المقدم وكذب التالى .

٣ - فى حالة كذب المقدم وصدق التالى .

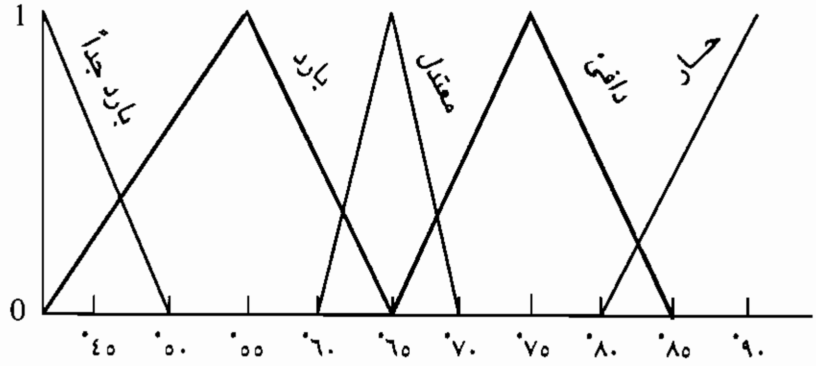
ولكن المنطق الغائم يستخدم قواعد اللزوم شرط وجود علاقة بين المقدم والتالى ، كما وأن المقدمات والتوالى تمثل فئات غائمة مما يمكن هذه القواعد من أن تتخذ تدرجاً لا نهائياً من القيم بين الصفر والواحد الصحيح ، بدلاً من قيمتين فقط كما كان فى المنطق الكلاسيكى .

فقواعد اللزوم هى قواعد غائمة وتربط بين فئات غائمة ، وهى ما يسمونها بقواعد الربط أو قواعد الإنتاج .

ويذهب كوسكو Kosko إلى أنه يمكن بناء نظام غائم Fuzzy System فى ثلاث خطوات ، وذلك على النحو الآتى(٢٩) :

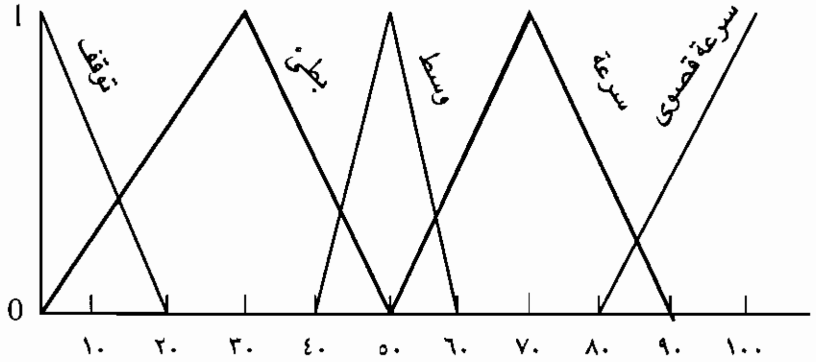
أولاً : عليك اختيار المتغيرات اللغوية ويمكن أن نطلق عليها س ، ص وتكون س هى المدخل Input للنظام ، وتكون ص هى المخرج Output إذا س إذاً ص . ولنقل أن الغرض من النظام هو التحكم فى جهاز تكييف . ولتكن س هى درجة الحرارة مدرجة فى درجات ، ولتكن ص هى التغير فى سرعة محركة جهاز التكييف . وما نريده هى أن يزيد المحرك سرعته عندما تكون الجو حاراً ويبطئ منها عندما يكون الجو بارداً .

ثانياً : نختار الفئات الغائمة أى نعرف الفئات الفرعية الغائمة للفئتين الغائمتين س ، ص . ولنقل أن الفئات الغائمة لـ س هى : بارد جداً ، بارد ، معتدل ، دافئ ، حار . ونرسمها باعتبارها منحنيات أومثلثات ، وذلك كما يلى :



درجة الحرارة (فهرنهيت)

ثم نرسم الفئات الغائمة الخمس الغائمة لـ ص وهى توقف ، بطئ ، وسط ، سرعة ، سرعة قصوى . ونرقم سرعة المحرك من صفر إلى ١٠٠ كما يلى :



سرعة المحرك

ثالثاً : نختار القواعد الغائمة التى تربط فئات سرعة المحرك مع فئات درجة الحرارة . علينا أن نسند فئة سرعة المحرك إلى كل فئة من فئات درجة الحرارة . لنبدأ بالبارد ، فنحن نريد أن يتوقف المحرك إذا كان الهواء بارداً جداً ، وعلى المكيف أن يغير سرعة المحرك ليحتفظ بدرجة الحرارة مضبوطة ، ومن ثم تكون لدينا القاعدة الأولي : (إذا كان س بارداً جداً إذاً ص يتوقف) يجب أن يدور المحرك قليلاً عندما يصبح الهواء بارداً : (إذا كان س بارداً إذاً ص يدور ببطء) . ويجب أن يدور المحرك بدرجة متوسطة عندما يكون الهواء معتدلاً : (إذا كان س معتدلاً إذاً ص يدور بدرجة متوسطة) . وعلى المحرك أن يسرع إذا كان الهواء ساخناً : (إذا كان س ساخناً إذاً ص يسرع) . وعلي المحرك أن يكون بالسرعة القصوى عندما يكون الهواء حاراً : (إذا كان س حاراً إذاً ص يدور بالسرعة القصوى) ، وهذه هى الخمس قواعد :

١ – إذا كانت درجة الحرارة باردة يتوقف المحرك .

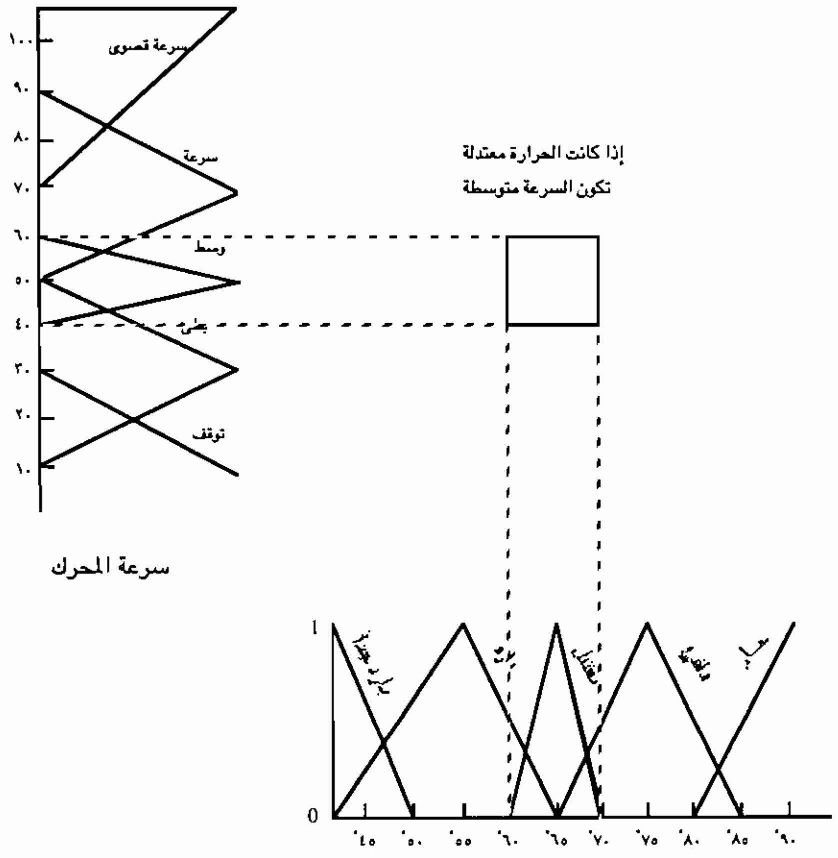
٢ - إذا كانت درجة الحرارة باردة تكون سرعة المحرك بطيئة .

٣ - إذا كانت درجة الحرارة معتدلة تكون سرعة المحرك متوسطة .

٤ - إذا كانت درجة الحرارة دافئة تزداد سرعة المحرك .

٥ - إذا كانت درجة الحرارة عالية يدور المحرك بالسرعة القصوى .

وهى قواعد غائمة لأن الحدود « بارد » و « سريع » هى مسألة تدرج وتشير إلى فئة غائمة . ونحن نقيدهم بفئات غائمة معرفة بأرقام ، وهذا ما يربط ، الكلمات بالرياضيات . ويوضح الشكل التالى كيف تنفذ قاعدة اللزوم الثالثة .



درجة الحرارة (فهرنهيت)

تطبيقات المنطق الغائم

تُعتبر المتحكمات الغائمة Fuzzy Controllers أكبر نجاح تم إنجازه لتطبيق الأنظمة الغائمة فى المجالات الصناعية والتجارية[٣٠] . وهناك العديد من الأمثلة لهذا التطبيق. مثلاً : المتحكمات لتوجيه سرعة السيارة ، توجيه الروبوت (الإنسان الآلى) ، توجيه الطائرة أثناء طيرانها ، أجهزة تكييف الهواء ، الغسالات الكهربية ، المكانس الكهربية ، وأفران الميكروويف ، ويُعد متحكم القطار الآلى لهيتاشى أحدث مجالات

تطبيق تحكم المنطق الغائم .

ويعتبر إبراهيم معمدانى Ebrahim Mamdani الأستاذ بكلية الملكة مارى Queen Maryفى لندن هو أول من أنشأ نسقاً غائماً فى بدايات ١٩٧٠ ليوجه آلة بخار ، ثم أنشأ بعد ذلك أول إشارة مرور غائمة Fuzzy Traffic Lights .

والمقصود من التحكم هو التأثير على سلوك نظام ما بواسطة تغيير مُدخلات Inputs هذا النظام طبقاً للقواعد التى توجه تشغيله من أجل إنتاج المُخرج Output .

ويهتم علماء الحاسب بتطوير متحكم يمكنه أن يتعلم من الخبرة كى يحسن من أدائه . وهناك أبحاث تطوير متحكمات منظمة ذاتياً Self Organizing Controllers باستخدام الشبكات العصبية Neural Networks كى تزود متحكمات المنطق الغائم بسمة التعلم(٣١) . فتستطيع المتحكمات المنظمة ذاتياً أن تغير سياسة التحكم بالنسبة لمعالجة وتشغيل البيئة ، فهى تستدل من وقوع الخطأ أنه يجب أن تغير فى فعل التحكم . فمقياس الأداء لمثل هذه المتحكمات مماثل لصنع القرار الإنسانى الذى يحدد التصويب المطلوب عند معرفة الخطأ .

وهناك تماثلات بين الشبكات العصبية ومتحكمات المنطق الغائم ؛ حيث تسمح كلتاهما بالاستدلال التأويلى أو التوليدى الذى يحررنا من التحرير الثنائى (صادق / كاذب) لأنساق المنطق الرمزى . فمثلاً طالما أن الشبكة العصبية قد تدربت على فئة من المعطيات أو البيانات ، فإنها يمكنها إنتاج وتوليد حلول لحالات ليست موجودة فى هذه الفئة ، وتتحقق الخواص نفسها لمتحكمات المنطق الغائم(٣٢) .

والحقيقة أن متحكمات المنطق الغائم ومتحكمات الشبكات العصبية يكمل كل منها الآخر . وهناك الكثير من التطبيقات المستخدمة لهذين المنهجين متحدين معاً . ولقد كان لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا دور فعال فى تكامل هاتين التقنيتين القويتين .

خاتمة

يتبين مما سبق أن المنطق الغائم لا يرسم حدوداً فاصلة بين المتضادات . والحقيقة أننا نستشعر ذلك فى حياتنا اليومية عندما نتساءل هل نحن سعداء أم لسنا سعداء ؟ هل فهمنا المحاضرة أم لم نفهمها ؟ فنحن قد نكون سعداء ولسنا سعداء فى الوقت نفسه ، وفهمنا المحاضرة ولم نفهمها فى آن واحد . فنحن ننتمى جميعاً بدرجة ما لجميع الفئات . فقد نكون ضد ومع ، مختلفين ومتفقين ولكن بدرجة ما . نحن لا نعرف إلى أى درجة نحن عندها ، لكننا نعرف أننا ننتمى إلى هذه الفئات جميعها ولكن إلى درجة ما .

والمنطق الغائم وإن كان منطقاً للغيمومة إلا أنه ليس هو نفسه غائماً . تماماً

مثلما أن قوانين الاحتمال ليست عشوائية فإن قوانين الغيمومة ليست غائمة ، فالمنطق الغائم هو منطق التكنولوجيا المتقدمة ، إنه منطق من أجل التطبيق العملى . فهو يهدف إلى صنع حاسبات آلية تستنتج بأرقام وفئات غائمة . وعندما يطبق المنطق الغائم على الحاسبات فإنه يسمح لها أن تحاكى عملية التفكير الإنسانى ، فتكمم المعلومات غير الدقيقة ، وتصنع قرارات مرتكزة على بيانات ناقصة وغامضة . وأدى استخدامه إلى تطوير الكثير من السلع الاستهلاكية . إنه منطق تجارى وحتى اختيار المسمى له (Fuzzy) كان تجارياً ومن أجل التسوق . وبلغ من اهتمام اليابانيين به أنهم يقدمون البرامج التليفزيونية التى تتناول كيفية تطبيق الهندسة الغائمة على التصنيع والإلكترونيات الاستهلاكية . ولقد وصلت نسبة الإلكترونيات الاستهلاكية إلى ٧٠ ٪ من المنتجات الغائمة ، وبلغت قيمتها سنة ١٩٩٠ حوالى واحد بليون ونصف بليون دولار أمريكى ارتفعت إلى اثنين بليون دولار أمريكى سنة ١٩٩٢ . وسوف يتحقق فى المستقبل القريب - بفضل المنطق الغائم - إن لم يكن قد تحقق بالفعل ما كنا نعده خيالاً علمياً مثل الإنسان الآلى الذى يقوم بمهمة الجراح أو المهندس مثلاً .

حقيقة لقد أحدث المنطق الغائم ثورة فى مجال التكنولوجيا ، ويعد بحق علماً جديداً لتقنية المستقبل . إلا أن ذلك لايعنى الإلغاء أو الاستغناء عن المنطق الكلاسيكى . فبمعيار المنطق الغائم الذى مؤداه قبول أ وليس أ يمكن قبول منطق ثنائى القيمة ومنطق ليس بثنائى القيمة ؛ أى يمكن العمل مع المنطق الكلاسيكى والمنطق المتعدد القيم والمنطق المتدرج القيم (الغائم) ولكل مجاله الخاص .

الحواشي

1. El Nadi, Nabil & Platts, J., Knowledge - Based Systems, Middlesex University, 1997, p. 1.
2. O' Brien, J. A., Introduction to Information Systems, 8 th ed. McGrew-Hill, 1997, p. 302.
3. Ibid.
4. Rick, E. * Knight, K., Artificial Intelligence, 2 nd ed. McGrew-Hill, 1991, p. 197.
5. Zadeh, L. A., Knowledge Representation in Fuzzy Logic, In : Yager, R. R. & Zadeh, L. A. (eds.), An Introduction to Fuzzy Logic Applications in Intelligence Systems, Klwier Academic Publishers, 1992, pp. 1-2.
6. Jeanes, J., The Growth of Physical Science, London, 1951, p. 234.
7. M Gupta, M.M., Cognition, Perception and Uncertainty, In : Gupta, M. & Yamakawa, T. (eds.), Fuzzy Computing, Theory, Hardware and Applications, North Holland, 1988, p. 4
8. Terano, T. Asai, K. & Sugeno, M., Fuzzy Systems : Theory and its Applications, Academic Press, Inc., 1992, p. 8.

٩ - د. زكي نجيب محمود خرافة الميتافيزيقا ، مكتبة النهضة المصرية ، ١٩٥٣ ، ص ١٤٩ .

10. Ramzy, F.P., The Foundations of Mathematics and other Logical Essays, london, Kegan Paul, 1931, p. 20.
11. Carnap, R., The Old and the New Logic, In : Ayer J. (ed.) Logical Positivism, The Free Press, Jlencoe, Illinois, 1959, p. 140.
12. Kosko, B., Fuzzy Thingking, The New Science of Fuzzy Logic, New York, 1993, p. 101.
13. Haack, S., Deviant Logic, Fuzy Logic, The University of Chicago Press, 1996, p. 4.
14. Haack, S., Philosophy of Logic, Cambridge University Press, 1978, p. 204.

١٥- يان لوكاشيفتش ، نظرية القياس الأرسطية ، ترجمة د. عبد الحميد صبره ، منشأة المعارف ، الإسكندرية ، ١٩٦١ ، ص ٢٥٤ .

16. Williamson, T., Vagueness, Routledge, London 1996, p. 1.

17. Kosko, B., Fuzzy Thinking, p. 148.

18. Ibid, p. 77.

19. Zadeh, L.A., Knowledge Representaion in Fuzzy Logic, p. 8.

20. Ibid, p. 30.

٢١- برتراند راسل ، أصول الرياضيات ، الجزء (١) ، ترجمة محمد مرسى أحمد ، د. أحمد فؤاد الأهوانى ، دار المعارف ، القاهرة ، ١٩٥٨ ، ص ١٤٢ .

22. Langer, S., An Introduction to Symbolic Logic, New York, 2 nd edt. 1953, p. 142.

23. Reichenbach, H., Elements of Symbolic, New York, The Macmillan Comp., 6 the Printing, 1960, p. 134.

٢٤- د. سهام النويهى ، أسس المنطق الرياضى ، القاهرة ، ١٩٨٧ ، ص ١٣٨ .

25. Berenji, H.R., Fuzzy Logic Controllers, In : Introduction to Fuzzy Logic, Applications in Intelligent Systems, 1992, p. 69.

26. Terano, T. *et al*, Fuzzy Systems, p. 19.

27. Ibid., p. 21.

28. Ibid., p. 24.

29. Kosok, B., Fuzzy Thinking, pp. 161-166.

30. Kruse, R., Gebhartt, J. & Klawom, F., Foundations of Fuzzy Systems, John Wiley & Sons, 1994, p. 159.

31. Berenji, H.R., Fuzzy Logic Controllers, p. 85.

32. Ibid., p. 86.

المراجع

أولا: المراجع الأجنبية

1. Berenji, H.R., Fuzzy Logic Controllers, In : Introduction to Fuzzy Logic, Applications in Intrelligent Systems, 1992.
2. Carnap, R., The Old and the New Logic, In : Ayer J. (ed.) Logical Positivism, The Free Press, Jlencoe, Illinois, 1959.
3. El Nadi, Nabil & Platts, J., Knowledge - Based Systems, Middlesex University, 1997.
4. M Gupta, M.M., Cognition, Perception and Uncertainty, In : Gupta,. M. & Yamakawa, T. (eds.), Fuzzy Computing, Theory, Hardware and Applications, North Holland, 1988.
5. Haack, S., Deviant Logic, Fuzzy Logic,, The University of Chicago Press, 1996.
6. Haack, S. Philosophy of Logic, Cambridge University Press, 1978.
7. Jeanes, J. The Growth of Physical Science, London, 1951.
8. Kosko, B., Fuzzy Thinking, The New Science of Fuzzy Logic, New York, 1993.
9. Kruse, R., Gebhartt, J. & Klawom, F., Foundations of Fuzzy Systems, John Wiley & Sons, 1994.
10. Langer, S., An Introduction to Symbolic Logic, New York, 2nd edt. 1953.
11. O'Brien, J. A., Inroduction to Information Systems, 8th ed. McGrew-Hill, 1997.
12. Rmzy, F.P., The Foundations of Mathematics and other Logical Essays, London, Kegan Paul, 1931.
13. Reichenback, H., Elements of Symbolic Logic, New York, The Macmillan Camp., 6 the Printing, 1960.
14. Rick, E. & Knight, K., Artificial Intelligence, 2 nd ed. McGrew-Hill, 1991.

15- Terano, T., Asai, K. & Sugeno, M., Fuzzy Systems : Theory and its Applications, Academic Press, Inc., 1992.

16. Williamson, T. Vagueness, Routledge, London, 1996.

17. Zadeh, L.A., Knowledge Representation in Fuzzy Logic, In : Yager, R.R. & Zadeh, L.A. (eds.), An introduction to Fuzzy Logic Applications in Intelligence Systems, Klwier Academic Publishers, 1992.

ثانياً: المراجع العربية

١ – برتراند راسل ، أصول الرياضيات ، الجزء (١) ، ترجمة محمد مرسى أحمد ، د. أحمد فؤاد الأهوانى ، دار المعارف ، القاهرة ، ١٩٥٨ .

٢ – د. زكى نجيب محمـود ، خرافة الميتافيزيقا ، مكتبة النهضة المصرية ، ١٩٥٣ .

٣ – د. سهام النويهى ، أسس المنطق الرياضى ، القاهرة ، ١٩٨٧ .

٤ – يان لوكاشيفتش ، نظرية القياس الأرسطية ، ترجمة د. عبد الحميد صبره منشأة المعارف ، الإسكندرية ١٩٦١ .

رقم الإيداع : ٢٠٠٠/١٨٩٨٢
ISBN : 977-281-153-7

مطابع الدار الهندسية
تليفون/فاكس : ٥٤٠٢٥٩٨